

**KUAT TARIK BETON *GEOPOLYMER* DENGAN VARIASI
PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (25:75 s/d 40:60) PADA
UMUR BETON (7 dan 28 HARI)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

**NUR DAR'I
NIM : D 100 070 058**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

KUAT TARIK BETON *GEOPOLYMER* DENGAN VARIASI PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (25:75 s/d 40:60) PADA UMUR BETON (21 dan 28 HARI)

Makalah Publikasi

oleh:

NUR DAR'I
NIM : D 100 070 058

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Suhendro Trinugroho., MT.
NIK. 732

LEMBAR PENGESAHAN

KUAT TARIK BETON *GEOPOLYMER* DENGAN VARIASI PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (25:75 s/d 40:60) PADA UMUR BETON (21 dan 28 HARI)

Oleh :

NUR DAR'I
A 100 070 058

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa 13 Desember 2017
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Suhendro trinugroho, MT.

(.....)

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Aliem Sudjarmiko, MT.

(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Abdul Rochman, MT.

(.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT. PhD.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 13 Desember 2017

Penulis



NUR DAR'I

NIM : D 100 070 058

**KUAT TARIK BETON *GEOPOLYMER* DENGAN VARIASI
PERBANDINGAN BAHAN PENYUSUN (25:75 s/d 40:60) PADA
UMUR BETON (21 DAN 28 HARI)**

Abstrak

Beton merupakan material bangunan yang tersusun dari komposisi utama agregat kasar, agregat halus, air, dan Semen Portland. Akhir-akhir ini beton semakin sering mendapatkan kritik, karena emisi gas rumah kaca (karbondioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Dengan pertimbangan tersebut maka dikembangkan bahan pengikat beton baru yang disebut beton *geopolymer*. Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan beton *geopolymer* adalah abu terbang batu bara (*fly ash*). Dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan pengganti dari semen dinilai dapat menjaga lingkungan dan mengurangi biaya konstruksi. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan yaitu silinder, dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Pengujian kuat tarik dilakukan pada saat beton berumur 21 dan 28 hari. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik beton *geopolymer* dengan variasi perbandingan bahan penyusun, agregat dengan binder yaitu 25:75, 30:70, 35:65 dan 40:60 pada umur beton 21, 28 hari. *Mix design* mengacu pada penelitian sebelumnya Prasetyo, G.B (2015). Jumlah benda uji pada masing-masing variasi adalah 3 benda uji, sehingga jumlah benda uji keseluruhan berjumlah 24 buah. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Data hasil pengujian kuat tarik beton *geopolymer* pada variasi perbandingan bahan penyusun 25:75 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 1.322 MPa, dan pada 28 hari adalah 1.462MPa. Pada variasi perbandingan bahan penyusun 30:70 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 1.452 MPa, dan pada 28 hari adalah 1.899MPa. Pada variasi perbandingan bahan penyusun 35:65 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 1.489 MPa, dan pada 28 hari adalah 1.504 MPa. Pada variasi perbandingan bahan penyusun 40:60 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 1.556MPa, dan pada 28 hari adalah 1.594MPa. Dapat disimpulkan bahwa variasi bahan penyusun beton *geopolymer* yang paling maksimum pada perbandingan 40:60 pada umur 28 hari.

Kata kunci : alkaline activator, beton *geopolymer*, *fly ash*, lama umur beton

Abstract

Concrete is a building material composed of the main composition of coarse aggregate, fine aggregate, water, and Portland Cement. Recently, concrete has been increasingly criticized, because of the greenhouse gas (carbon dioxide) emissions produced in the cement production process. With these considerations, a new concrete binding agent called geopolymer concrete was developed. One of the materials used in the manufacture of geopolymer concrete is fly ash (*fly ash*). By using fly ash as a substitute of cement is considered to maintain the environment and reduce the cost of construction. In this study the specimens used were cylinders, with a diameter of 15cm and a height of 30cm. Pengujian tensile strength done at the concrete at the age of 21 and 28 days. The aim of this research is to know the tensile strength of geopolymer concrete with the variation of compiler, aggregate with binder 25:75, 30:70, 35:65 and 40:60 at the concrete age 21, 28 hari. *Mix design* refers to previous research Prasetyo, GB (2015). The number of specimens in each variation is 3 specimens, so that the total number of specimens is 24. The cylindrical test object is 15cm in diameter and 30cm in height. The result data of tensile strength test of geopolymer concrete on the variation of 25:75 and 25:75 sulfur composition variation on 21 days concrete is 1,322 MPa, and at 28 days is 1.462MPa. In the 30:70 variation of the 30:70 and 30 days variation of the concrete is 1,452 MPa, and at 28 days is 1,899MPa. In the comparison variation 35:65 penyusun materials and on the variation of 21 days of concrete is 1,489 MPa, and at 28 days is 1.504 MPa. In the variation of 40:60 and 40 days after the variation of the concrete 215 days is 1.556MPa, and at 28 days is

1.594MPa. It can be concluded that the maximum variation of the constituent material of geopolymer in the ratio of 40:60 at the age of 28 days.

Keywords: alkaline activator, geopolymer concrete, fly ash, long life of concrete.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bagian dari sebuah bangunan yang paling sering dan paling banyak digunakan oleh masyarakat saat ini, tersusun dari bahan utama agregat kasar (krikil), agregat halus (pasir), air, dan bahan pengikat (Semen Portland). Dengan adanya pembangunan yang semakin hari semakin meningkat membuat pembuatan semen yang semakin hari semakin meningkat juga. Namun semen merupakan bahan bangunan yang tidak dapat diperbaharui oleh karena itu perlu adanya rekayasa beton untuk menyiasati bahan semen yang semakin sedikit tetapi kualitas yang sama bahkan lebih baik dan tidak merusak lingkungan.

Salah satu alternatifnya antara lain dengan pengembangan beton menggunakan bahan pengikat anorganik seperti alumina-silikat (*polymer*) atau yang lebih dikenal dengan (*geopolymer*) yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang banyak mengandung silika dan alumina (Davidovits, 1999).

Pengadukan campuran bahan beton dengan molen yang harus diperhatikan adalah ketika campuran telah benar-benar homogen yang ditandai dengan tidak terlihatnya butiran-butiran pasir, jika pengadukan pencampuran beton terlalu lama, maka akan terjadi segregasi.

Berdasarkan uraian di atas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik beton *geopolymer* dengan variasi campuran 25%:75% s/d 40%:60%, pada umur beton 21 dan 28 hari

Beton adalah hasil pencampuran bahan bangunan yang berupa semen, agregat, dan air. Juga bisa ditambahkan bahan tambahan seperti bahan kimia, ataupun bahan limbah organik maupun non organik sesuai presentase yang ditentukan.

Geopolymer adalah bahan material yang ramah lingkungan dan bisa dikembangkan sebagai alternatif pengganti semen. Bahan dasar yang utama untuk pembuatan beton *geopolymer* yaitu bahan yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Unsur tersebut terdapat banyak pada material buangan hasil industri, seperti abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara. Untuk melarutkan unsur silikon dan aluminium, serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi digunakan larutan yang bersifat alkalis. Bahan material geopolimer tersebut bila digabungkan dengan agregat batuan, akan menghasilkan beton *geopolymer* tanpa menggunakan semen lagi.

Binder adalah bahan pengikat dalam campuran beton (disebut *binder* beton *geopolymer*) yang terdiri dari *fly ash* dan alkaline aktivator yang berupa sodiumsilikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH).

Beton *geopolymer* adalah campuran beton di mana penggunaan material Semen Portland sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (*fly ash*), abu kulit padi (*rice husk ash*), dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan alumunium (Davidovits, 1997).

Material penyusun utama untuk membuat bahan pengikat beton *geopolymer* terdiri dari 2 komponen yaitu komponen solid yang memiliki kandungan Silika (Si) dan Alumina (Al) yaitu *fly ash* dan komponen alkaline aktivator yang berupa sodium silikat dan sodium hidroksida. Dan bahan lainnya sama seperti beton pada umumnya yaitu agregat kasar, agregat halus dan air.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Penelitian laboratorium merupakan suatu kegiatan yang berkaitan dengan menguji kebenaran suatu hipotesis guna mencari pengaruh, hubungan ataupun perubahan. Pada penelitian ini pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, penelitian dilakukan dengan cara pengujian benda uji untuk mengetahui kuat tarik beton *geopolymer* dengan variasi perbandingan bahan penyusun (25:75 s/d 40:60) pada umur beton (7 dan 28 hari).

Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, tahap pertama yang yaitu persiapan. Pada tahapan pertama yaitu mempersiapkan bahan material dan alat-alat yang akan digunakan sebelum melakukan penelitian agar sesuai dengan spesifikasi. Tahapan kedua yaitu melakukan pengujian terhadap bahan material yang akan digunakan guna mengetahui berapa banyak kandungan bahan organik yang terdapat pada pasir yang akan digunakan sebagai campuran adukan mortar. Tahapan yang ketiga yaitu perencanaan campuran (*mix design*) dan pembuatan benda uji, pada tahap ini dirancang perencanaan campuran (*mix design*) dengan perbandingan agregat dan *binder* pada campuran beton adalah 25% : 75%; 30% : 70%; 35% : 65%; dan 40% : 60%. Bahan-bahan material yang akan digunakan harus sesuai dengan rancangan campuran beton, pembuatan adukan beton menggunakan alat molen minimixer dengan kapasitas 0,6 m³ setara dengan pembuatan benda uji 6 silinder, untuk mendapatkan hasil adukan yang homogen. selanjutnya dilakukan pengujian slump untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton agar nilai slump yang direncanakan dapat tercapai. Setelah mendapatkan nilai slump kemudian *mix design* dituangkan ke dalam cetakan, benda uji dicetak menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Tahapan yang keempat adalah perawatan beton setelah beton mulai mengeras, perawatannya dengan cara direndam

ke dalam air dalam kondisi suhu ruangan selama umur beton 21 dan 28 hari. Tahap yang kelima yaitu Pengujian Benda Uji pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tarik beton dengan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilakukan pada umur beton 21 dan 28. Tahap yang keenam adalah Analisis Data yaitu data-data yang telah diperoleh dari hasil kemudian dianalisis dan dihitung. Tahapan yang terakhir yaitu membuat kesimpulan sehingga dari data yang sudah didapat dan dianalisis dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penelitian.

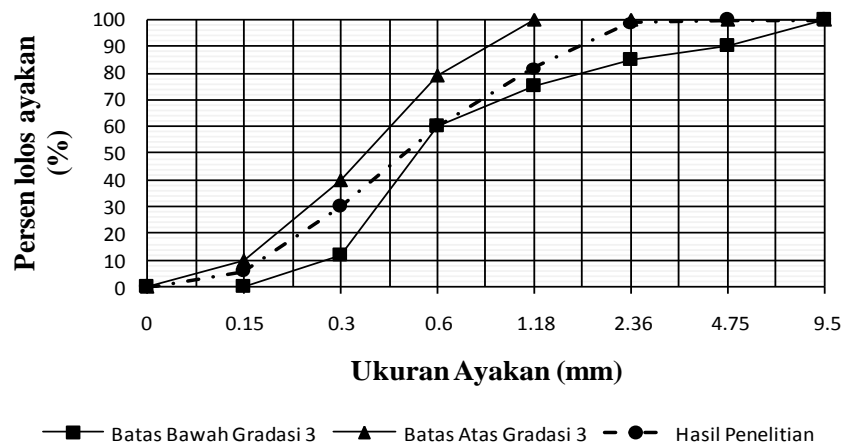
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pemeriksaan agregat halus yang telah dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 1. Hasil pemeriksaan agregat halus.

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI	Keterangan
Kandungan organik	No.2 (Orange)	1 - 5	SNI 03-2816-1992	Memenuhi syarat
Pemeriksaan SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	1,47	< 3,8	-	Memenuhi syarat
Berat jenis				
1). Berat jenis bulk	2,46	-	SNI 03-1970-1990	-
2). Berat jenis SSD	2,86	-	SNI 03-1970-1990	-
3). Berat jenis semu	2,74	-	SNI 03-1970-1990	-
<i>Absortion</i> %	4,17%	< 5%	SNI 03-1970-1990	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	1,04%	< 5%	-	Memenuhi syarat
Gradasi pasir	Daerah III	Daerah III	SNI 03-2384-1992	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	2,23	1,5-3,8	-	Memenuhi syarat



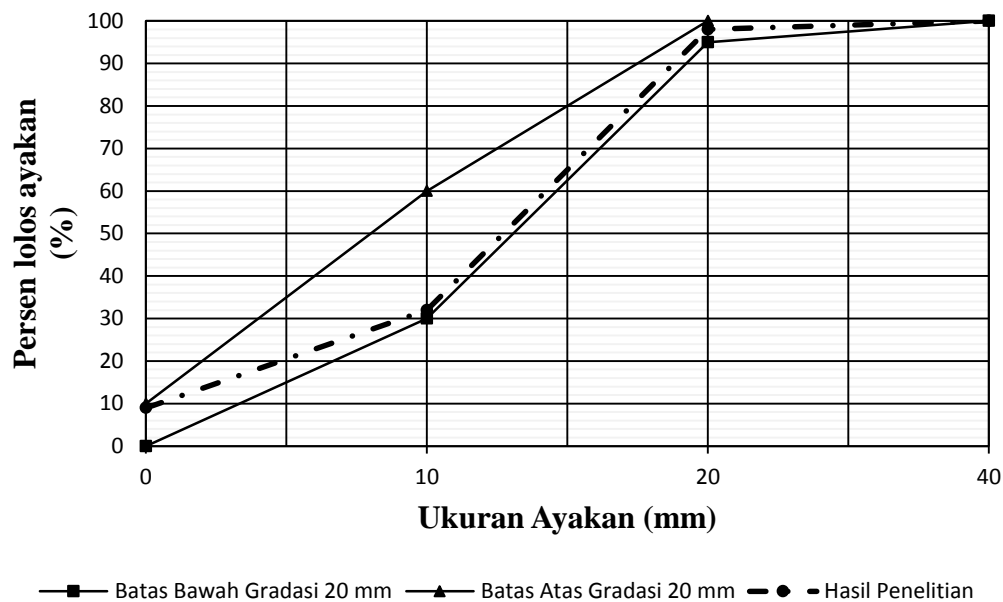
Gambar.1. Hubungan antara Ukuran Ayakan dengan Persen Butir Lolos.

3.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar yang telah dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar.

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI	Keterangan
Berat jenis				
1). Berat jenis bulk	2,33	-	SNI 03-1969-1990	-
2). Berat jenis SSD	2,39	-	SNI 03-1969-1990	-
3). Berat jenis semu	2,48	-	SNI 03-1969-1990	-
Absortion%	2,51	< 3%	SNI 03-1969-1990	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	6,37	5 - 8	-	Memenuhi syarat



Gambar. 2. Hubungan antara Ukuran Ayakan dengan Persen Butir Lolos.

3.3 Hasil Pengujian *Flay Ash*

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dari pembakaran batu bara di PLTU Jepara. Pengujian terhadap bahan baku fly ash dilakukan untuk mengetahui kandungan kimia dari fly ash. Pada penelitian ini data hasil pengujian fly ash sudah tersedia dan diperoleh dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kandungan Kimia *Fly Ash*

No	Komposisi Kimia	Persentase (%)
1	SiO ₂	45,27
2	Al ₂ O ₃	20,07
3	Fe ₂ O ₃	10,59
4	TiO ₂	0,82
5	CaO	13,32
6	MgO	2,83
7	K ₂ O	1,59
8	Na ₂ O	0,98
9	P ₂ O ₅	0,41
10	SO ₃	1,00
11	MnO ₂	0,07

(Sumber: hasil pengujian fly ash PT. Jaya Ready Mix oleh Sucofindo)

Dari data hasil pengujian kandungan kimia fly ash pada Tabel 3.3. didapatkan data yang didominasi oleh unsur silika-besi- dan alumina. Dari kadar (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) diperoleh sebesar

75,93%. Sedangkan batas ($\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) kelas C minimal 50 % dan kelas F($\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) minimal 70%. Dapat disimpulkan bahwa fly ash dari PT. Jaya Ready Mix masuk pada kelas F(ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3).

3.4 Perencanaan Adukan Beton

Kebutuhan bahan didapat menurut perbandingan massa benda uji. Hasil perencanaan campuran adukan dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4. Perencanaan campuran adukan beton geopolimer untuk setiap sampel.

Beton	Na_2SiO_3 (kg)	NaOH (kg)	Ag.Halus (kg)	Ag.Kasar (kg)	Fly Ash (kg)	Air (Lt)
25:75	0.59	0.236	3.1793	6.3585	2.353	0.588
30:70	0.71	0.284	2.9673	5.9346	2.823	0.706
35:65	0.825	0.33	2.7553	5.5106	3.294	0.824
40:60	0.945	0.378	2.5434	3,7643	5.087	0.941

(Sumber : hasil pengujian)

Dari Tabel 4. diperoleh data hasil perencanaan campuran adukan beton *geopolymer* untuk setiap sampel, dalam penelitian ini penggunaan kebutuhan air yang digunakan dalam pencampuran di lapangan mungkin berbeda dengan perhitungan penggunaan kebutuhan air dalam perencanaan awal campuran adukan beton *geopolymer*. Hal tersebut bisa saja terjadi karena tingkat kesulitan dalam proses pencampuran adukan beton *geopolymer* dan pengaruh kondisi real di laboratorium fakultas Teknik Sipil UMS. Maka dalam perhitungan campuran adukan setiap sampel beton di laboratorium, kebutuhan air bisa dikurangi 10% atau ditambahkan 10% dari perencanaan awal campuran adukan beton *geopolymer*.

3.5 Kekentalan Adukan Beton

Dalam penelitian ini pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton agar memenuhi persyaratan yang diinginkan. Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut yang berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi kerucut 30 cm. Hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 5. Hasil pengujian nilai *slump*.

Variasi Waktu	Nilai Slump (cm)			
(menit)	25%:75%	30%:70%	35%:75%	40%:60%
7.5	22	6	14	24

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel 3.6. Spesifikasi nilai *slump*

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat [lantai], balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

Dari Tabel 5. menunjukkan bahwa pada waktu pencampuran yang tepat akan menghasilkan mutu beton yang tinggi. Hal ini disebabkan karena pada waktu pencampuran yang tepat akan menghasilkan sebuah campuran yang homogen.

3.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tarik beton *compress testing mechine*.

Hasil pengujian kuat tarik beton diperoleh dengan cara mengukur beban maksimum yang dapat ditahan kemudian dibagi dengan luas penampang benda uji tersebut

Tabel 7. Data hasil pengujian kuat tarik beton geopolymer 25 : 75.

Variasi waktu pencampuran (menit)	P_{max} (kN)	P_{max} (N)	$D_{benda uji}$ (mm)	$L_{benda uji}$ (mm)	f_{ct} (MPa)	f_{ct} rata-rata (MPa)
21	104	104000	150	300	1,471	1,332
21	98	98000	150	300	1,386	
21	103	103000	150	300	1,139	
28	102	102000	150	300	1,443	1,462
28	101	101000	150	300	1,429	
28	107	107000	150	300	1,514	

(Sumber: hasil pengujian)

Tabel 8. Data hasil pengujian kuat tarik beton geopolymer 30 : 70.

Variasi waktu pencampuran (menit)	P_{max} (kN)	P_{max} (N)	$D_{benda uji}$ (mm)	$L_{benda uji}$ (mm)	f_{ct} (MPa)	f_{ct} rata-rata (MPa)
21	100	100000	150	300	1,415	1,452
21	103	130000	150	300	1,457	
21	105	105000	150	300	1,485	
28	110	110000	150	300	1,556	1,499
28	103	103000	150	300	1,457	
28	105	105000	150	300	1,485	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel 9. Data hasil pengujian kuat tarik beton geopolymer 35 : 65.

Variasi waktu pencampuran (menit)	P_{max} (kN)	P_{max} (N)	$D_{benda uji}$ (mm)	$L_{benda uji}$ (mm)	f_{ct} (MPa)	f_{ct} rata-rata (MPa)
21	108	108000	150	300	1,526	1,489

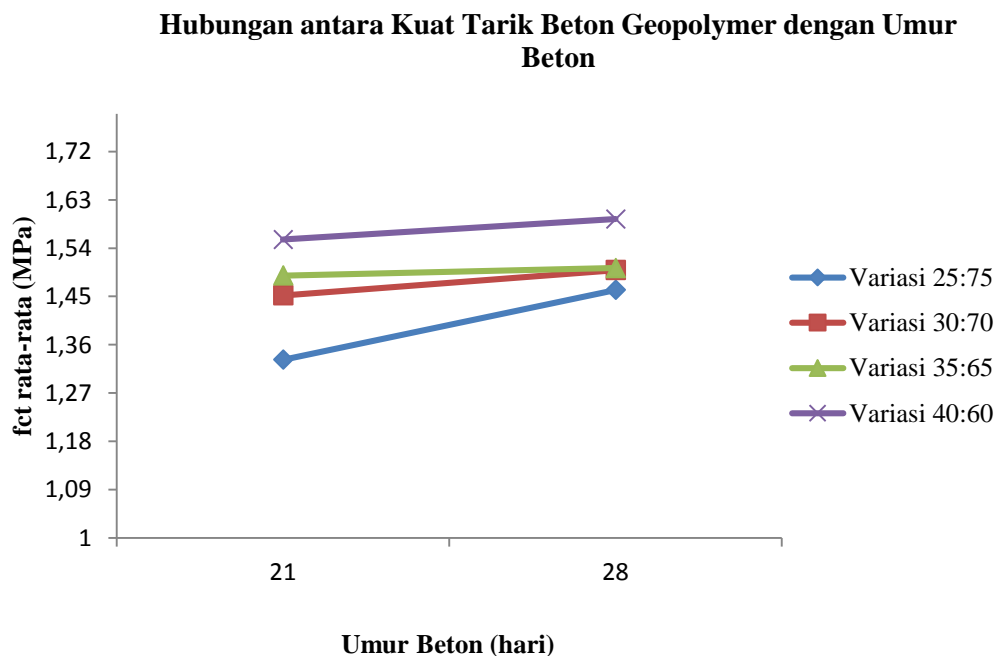
21	107	107000	150	300	1,514	1,503
21	101	101000	150	300	1,429	
28	108	108000	150	300	1,526	
28	102	102000	150	300	1,443	
28	109	109000	150	300	1,542	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel 10.Data hasil pengujian kuat tarik beton *geopolymer* 40 : 60.

Variasi waktu pencampuran (menit)	P _{max} (kN)	P _{max} (N)	D _{benda uji} (mm)	L _{benda uji} (mm)	f _{ct} (MPa)	f _{ct} rata-rata (MPa)
21	109	108000	150	300	1,542	1,556
21	112	112000	150	300	1,585	
21	109	109000	150	300	1,542	
28	110	110000	150	300	1,556	1,594
28	116	116000	150	300	1,641	
28	112	11200	150	300	1,585	

(Sumber : hasil pengujian)



Gambar 4. Hubungan antara Kuat Tarik Beton *Geopolymer* dengan Waktu Pencampuran.

Dari data yang diperoleh pada Tabel 3.7, Tabel 3.8, Tabel 3.9, dan Tabel 3.10 dapat dilihat pengaruh variasi waktu pencampuran beton terhadap kuat tarik beton *geopolymer*. Terdapat 2 jenis variasi waktu umur beton yang digunakan untuk beton yaitu 21 dan 28. Untuk beton *geopolymer* 25:75, kuat tarik tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Untuk beton

geopolymer 30:70, kuat tarik tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Untuk beton *geopolymer* 35:65, kuat tarik tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Untuk beton *geopolymer* 40:60, kuat tarik tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada waktu umur beton 28 hari adalah waktu yang paling tepat untuk lama waktu umur beton *Geopolymer*.

4. PENUTUP

4.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Nilai kuat tarik tertinggi beton *geopolymer* adalah 1.594MPa, pada variasi pencampuran umur beton 28 hari untuk beton *geopolymer* dengan variasi bahan penyusun 40%:60%.
- 2) Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pencampuran beton *geopolymer* yang paling maksimal adalah selama 28 hari
- 3) Nilai *slump* yang baik tergantung dengan kebutuhan pembuatan campuran. pada perbandingan 25:75 dan 40:60 tidak dapat digunakan dalam pembuatan struktur dikarenakan tidak masuk dalam spesifikasi nilai *slump*. Pada perbandingan 30:70 dapat digunakan dalam plat pondasi, pondasi telapak bertulang, pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, konstruksi dibawah tanah, jalan beton bertulang dan pembeconan massal. Pada perbandingan 35:65 dapat digunakan dalam plat (lantai), balok, kolom dan dinding.
- 4) Proses pembuatan beton *geopolymer* meliputi, mencampur agregat dengan *binder*, *binder* ini terdiri dari *fly ash* dan larutan activator yang dicampur sampai homogen, dan terakhir ditambahkan air sesuai *mix design*. Aduk semua material yang sudah dimasukkan sampai mendapatkan kondisi *fresh concrete*.
- 5) Beton *geopolymer* dapat dijadikan alternative pengganti beton normal, akan tetapi kurang efisien dalam hal pekerjaan dan biaya, dan kurang baik untuk beton bertulang kaena bahan kimia yang di pakai memiliki sifat korosi yang dapat merusak besi tulangan. Oleh karena itu beton *geopolymer* lebih cocok untuk perbaikan atau perawatan saja.

4.2. SARAN

Dari kesimpulan di atas maka dapat dibuat suatu saran-saran sebagai berikut:

- 1) Dalam pembuatan beton *geopolymer* ini *setting time* yang terjadi sangat cepat. Maka perlu dibutuhkan zat *additive* untuk menghambat terjadinya pengikatan awal.

- 2) Selama pelaksanaan pekerjaan pembuatan beton *geopolymer* ini, sebaiknya menggunakan perlengkapan pelindung seperti masker dan sarung tangan karena *fly ash* dan zat kimia yang digunakan sangat berbahaya bagi tubuh manus
- 3) Proses adukan beton *geopolymer* dianjurkan pada suhu dibawah 20°C untuk memperlambat *setting time* pada pengikatan awal sehingga beton mudah diaduk atau meningkatkan *workability*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232.2R-03. 2003. *Use of Fly Ash in Concrete*. Dilaporkan oleh ACI Committee 232. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
- ACI 363 R-92. 1993. *State-of-the-Art Report of High Strength Concrete*. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and General properties of concrete.
- ASTM C618-03. 2003. *Standard Specification for 'Calcinated Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. ASTM International, US.
- Davidovits, J., 1999. *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin, France.
- Ekaputri, J. J, Triwulan dan Damayanti O., 2007. *Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton sebagai Material Alternatif*, Jurnal PONDASI, vol 13 no 2 hal. 124-134.
- Ginanjari Bagus Prasetyo (2015) adalah tinjauan kuat tekan beton *geopolymer* dengan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen. Laporan tugas akhir Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rina Septia Ningrum (2016) adalah tinjauan kuat tekan beton *geopolymer* optimum pada variasi perbandingan bahan penyusun (20:80 s/d 40:60) dan pada variasi waktu pencampuran (5 s/d 15 menit). Laporan tugas akhir Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hardjito, D. and Rangan, B. V., 2005. *Development and properties of low-calcium Fly Ash-based geopolymer Concrete*, Research Report GC 1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- Heri Kasyanto., 2012 . *Tinjauan kuat tekan geopolymer berbahan dasar fly ash dengan aktvator sodium hidroksida dan sodium silikat*, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.
- Manuaha Riger, 2014. *Kuat tekan beton geopolymer berbahan dasar abu terbang (fly ash)*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- SNI 03-2491-2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Penerbit Badan Standarisasi Nasional.
- Sutanto, E., & Hartono, B., 2005. *Penelitian beton geopolymer dengan fly ash untuk beton*

struktural. TA No : 15111415/SIP/2005. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.

Tjokrodimuljo, K., 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.